

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-264068 /  
 (43)Date of publication of application : 18.09.2002

(51)Int.Cl. B25J 17/00

(21)Application number : 2001-068103  
 (22)Date of filing : 12.03.2001

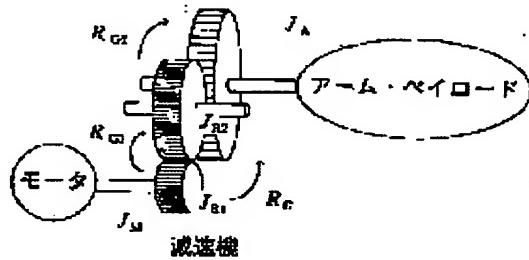
(71)Applicant : KAWASAKI HEAVY IND LTD  
 (72)Inventor : KANBE MASAYUKI  
 KUBOTA TETSUYA

## (54) REDUCTION GEAR FOR ARTICULATED ROBOT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To always suppress an inertia ratio within a desired range in a reduction gear for an articulated robot.

SOLUTION: In designing the reduction gear for the articulated robot, a reduction mechanism divided in two or more stages is provided so that the robot becomes a desirable load to the design of a control system regardless of the attitude of an arm and the weight of a conveyed object.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(1)

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-264068 /

(P2002-264068A)

(43) 公開日 平成14年9月18日 (2002.9.18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 25 J 17/00

識別記号

F I

B 25 J 17/00

テーマコード(参考)

E 3 C 0 0 7

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2001-68103(P2001-68103)

(71) 出願人 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(22) 出願日 平成13年3月12日 (2001.3.12)

(72) 発明者 掃部 雅幸

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業  
株式会社明石工場内

(72) 発明者 久保田 哲也

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業  
株式会社明石工場内

(74) 代理人 100076705

弁理士 塩出 真一 (外1名)

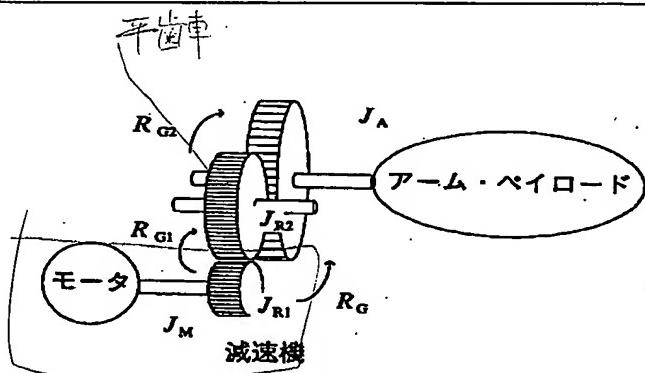
Fターム(参考) 30007 CX03 CY40 HS27 HT21 HT26

(54) 【発明の名称】 多関節ロボットの減速装置

## (57) 【要約】

【課題】 多関節ロボットの減速装置において、慣性比を常に望ましい範囲に抑える。

【解決手段】 多関節ロボットの減速機の設計において、アーム姿勢や搬送物の重量に依らず、ロボットが制御系設計にとって好ましい負荷となるよう、二段以上に分別した減速機構を備えた構成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 多関節ロボットにおけるモータとアームの間に組み付ける減速機が、アームの姿勢及び搬送物の重量に依らず、各関節の慣性比を常に望ましい範囲に収めて、ロボットの制御系にとって好ましい負荷となるように設計された二段減速機構を備えたことを特徴とする多関節ロボットの減速装置。

【請求項2】 多関節ロボットにおけるモータとアームの間に組み付ける減速機が、アームの姿勢及び搬送物の重量に依らず、各関節の慣性比を常に望ましい範囲に収めて、ロボットの制御系にとって好ましい負荷となるように設計された三段減速機構を備えたことを特徴とする多関節ロボットの減速装置。

【請求項3】 多関節ロボットにおけるモータとアームの間に組み付ける減速機が、アームの姿勢及び搬送物の重量に依らず、各関節の慣性比を常に望ましい範囲に収めて、ロボットの制御系にとって好ましい負荷となるように設計された四段以上の多段減速機構を備えたことを特徴とする多関節ロボットの減速装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、アーム姿勢や搬送物の重量に依らず、ロボットが制御系にとって好ましい負荷となるように設計された二段以上の減速機構を備えた多関節ロボットの減速装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の電動ロボットの関節は、モータ+減速機+アームの組み合わせで構成されている。モータ軸の慣性モーメントとモータ軸に固定された減速機の入力側の慣性モーメントの合計値を  $J_M$ 、減速機の減速比を  $R_G$ 、関節軸回りのアームの慣性モーメントを  $J_A$  とすると、 $J_A / (J_M R_G^2)$  は慣性比と呼ばれている。小型のモータであっても、減速比  $R_G$  が大きな減速機を用いれば、原理的にはいくらでも大型のアームを駆動させることができる。しかし、制御性能の点からは、経験的に慣性比は 3 ~ 10、理論的には 4 が良いとされている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 つまり、ロボットの設計においては、慣性比を 3 ~ 10 に抑え、できるだけ 4

$$J_{R1} = \frac{J_{A_{max}} - J_{A_{min}}}{(N_{max} - N_{min})R_G^2} - J_M, \quad J_{R2} = \frac{J_{A_{max}} N_{min} - J_{A_{min}} N_{max}}{N_{max} - N_{min}} \frac{R_{G1}^2}{R_G^2}, \quad R_G = R_{G1} R_{G2} \quad (1)$$

【0009】 ここで、 $J_{A_{min}}$ 、 $J_{A_{max}}$  はアームイナーシャの最小値、最大値、 $J_M$  はモータ回転軸の慣性モーメント、 $R_G$  はモータからアームへの全体減速比、 $N_{min}$  は慣性比で 4 以下の 3 近傍の値、 $N_{max}$  は慣性比で 4 以上の 10 近傍の値である。一般には、アームイナーシャが  $J_{A_{min}}$  のとき、荷重（図 1 では、ペイロード）は取り付けられておらず、アームイナーシャが  $J_{A_{max}}$  のとき、許容最大重量の荷重（ペイロード）が取り付けられてい

\* に近くすれば、制御効果を十分に引き上げができる。しかし、ロボットアームは動作中姿勢を変化するため関節軸に作用する慣性（イナーシャ）が変化し、また、ペイロード等の搬送物の重量や慣性モーメントによっても関節軸に作用する慣性が変化する。近年では、産業用ロボットは、動作範囲の拡大傾向、可搬重量の増大傾向にあり、機械系の設計において慣性比を常に 3 ~ 10 に抑えることは、実用上不可能であると言える。

【0004】 例えば、特開昭 58-137577 号公報には、産業用ロボットの慣性比のある範囲に抑える機構が開示されている。この技術では、慣性比を調整する手段として、リンクの取り付け位置が変更可能な機構を採用し、モータからアームまでの減速比を変化させていく。しかし、このように、リンクの付加機構により慣性比を調節するとなると、ロボットが大型化し、コストが増大する。また、この方法では、負荷の重量に応じた慣性比の補償は可能となるが、動作中のアームの姿勢変化による慣性比の補償は、事実上不可能である。

【0005】 本発明は上記の諸点に鑑みなされたもので、本発明の目的は、アーム姿勢、ペイロード等の搬送物の重量に依らず、各関節の慣性比を望ましい範囲に抑えることができる減速機構を備えた多関節ロボットの減速装置を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するために、本発明の多関節ロボットの減速装置は、多関節ロボットにおけるモータとアームの間に組み付ける減速機が、アームの姿勢及び搬送物の重量に依らず、各関節の慣性比を常に望ましい範囲に収めて、ロボットの制御系にとって好ましい負荷となるように設計された二段減速機構を備えた構成としている。

【0007】 すなわち、モータとアームの間に組み付ける減速機に、モータ側要素の慣性モーメントを  $J_{R1}$ 、中間部要素の慣性モーメントを  $J_{R2}$ 、一段目減速比を  $R_{G1}$ 、二段目減速比を  $R_{G2}$  とする二段減速機構を採用する（図 1 参照）。ただし、 $J_{R1}$ 、 $J_{R2}$ 、 $R_{G1}$ 、 $R_{G2}$  には、以下の数 1 に示す（1）式の関係がある。

## 【0008】

## 【数 1】

る。さらに、一段目の減速機よりも、二段目の減速機の剛性は高くなるようにする。そのような二段減速機を用いた場合の慣性比は、以下の数 2 に示す式で求められる。

## 【0010】

## 【数 2】

$$N = \frac{J_{R2}}{(J_M + J_{R1})R_{G1}^2} + \frac{J_A}{(J_M + J_{R1})R_G^2}$$

【0011】よって、慣性比の変化範囲は、

$$J_A = J_{A\min} \text{ のとき, } N = N_{\min}$$

$$J_A = J_{A\max} \text{ のとき, } N = N_{\max}$$

となり、ペイロードを交換したり、アームが大きく姿勢を変えても、慣性比は望ましい値の範囲に収まることになる。 $J_{A\max}$ 、 $J_{A\min}$ 、 $J_M$ 、 $R_G$ は、上流工程の設計で決定されるため、それらの値によっては、 $R_{G1}$ 、 $R_{G2}$ が1以下になることもある。その場合には、二段のうち一\*

$$N_{\max} = \frac{J_{A\max} + J_{R3}R_{G3}^2 + J_{R3}R_{G2}^2R_{G3}^2}{(J_M + J_{R1})R_G^2}$$

$$N_{\min} = \frac{J_{A\min} + J_{R3}R_{G3}^2 + J_{R3}R_{G2}^2R_{G3}^2}{(J_M + J_{R1})R_G^2}$$

$$R_G = R_{G1}R_{G2}R_{G3}$$

【0014】また、モータとアームの間に組み付ける減速機に、上述した二段減速機構と同じ意図に基づく四段以上の多段減速機構を採用することも可能である。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明するが、本発明は下記の実施の形態に限らず、アームの構造や駆動方式など、多様な実施例がある。上述した設計法に基づき、図2に示すスカラーロボットのジョイント1の減速機を設計する。設計仕様は以下のように定められている。

ジョイント1回りの慣性モーメントの最大値（アーム最伸、最大負荷）

$$J_{A\max} = 26.99 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$$

ジョイント1回りの慣性モーメントの最小値（アーム最縮、無負荷）

$$J_{A\min} = 2.735 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$$

モータ軸の慣性モーメント

$$J_M = 3.20 \times 10^{-6} \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$$

全体減速比

$$R_G = 600 \text{ [-] 程度}$$

一段目減速機

入力側歯車 : 協育歯車 (SG80S-25B-806)

歯車25、慣性モーメント  $1.41 \times 10^{-6}$

出力側歯車 : 協育歯車 (SG80S-96B-812)

歯車96、慣性モーメント  $2.16 \times 10^{-4}$

二段目減速機 : ハーモニックドライブ (CSF-25-160)

減速比160、入力側慣性モーメント  $4.13 \times 10^{-5}$

この結果、全体減速比は  $R_G = (96/25) \times 160 = 614.4$  となる。

【0018】 $R_G = 614.4$ 、 $R_{G1} = 3.84$  として、もう一度上記の数1に示す（1）式に代入して以下を得る。

$$J_{R1} = 6.425 \times 10^{-6}, J_{R2} = 2.992 \times 10^{-4}$$

\*段は增速機構になる。

【0012】また、モータとアームの間に組み付ける減速機に、上述した二段減速機構と同じ意図に基づく三段減速機構を採用することができ、この場合は、以下の数3に示す（2）式の条件を満たす必要がある。

【0013】

【数3】

(2)

※【0016】この仕様から、単に全体減速比だけを見て、減速機を設計してしまうと、慣性比  $J_A / (J_{M R_G^2})$  は最小で2.3、最大で23程度となり、非常に制御のしにくい機械系となる。そこで、本発明による設計法の流れで、減速機を設計する。まず、上記の数1に示す（1）式を用いて、二段減速機の設計値の拘束条件を以下のように得る。

$$J_{R1} = 6.425 \times 10^{-6}, R_{G1}^2 = 4.7000 \times 10^4 J_{R2},$$

$$R_{G1}R_{G2} = 600$$

ここで、アーム全体のサイズを考慮して、 $J_{R2}$ を以下の範囲で選択し、その際の  $R_{G1}$ 、 $R_{G2}$ を得る。

$$J_{R2} = 1.0 \sim 3.0 \times 10^{-4}, R_{G1} = 2.167 \sim 3.755,$$

$$R_{G2} = 276.9 \sim 159.8$$

【0017】この場合、一段目減速比は小さく、二段目減速比が高いので、一例として、一段目の減速機構には歯車対、二段目の減速機構にはハーモニック減速機を採用する。これらの仕様に当てはまるよう、減速機構の部品として以下のものを選択した。

\*

歯車とハーモニックギアの慣性モーメントを考えると、一段目減速機では  $\Delta J_{R1} = 5.02 \times 10^{-6}$ 、二段目減速機では  $\Delta J_{R2} = 4.19 \times 10^{-5}$  分慣性モーメントが足りない。この不足分は、例えば、フライホイールを取り付けることで補えばよい。このようにして、減速機を設計した結果、アームの姿勢や負荷の重さがどのように

変化しても、このロボットの慣性比は常に3～10に収まることになる（図3参照）。よって、制御系の設計が非常に容易なロボットが実現できる。

【0019】図4は、上記のようにして設計した二段減速装置10をモータ12とアーム14の間に組み付けた構成の一例を示している。一段目減速機16は平歯車18、20からなり、シャフト22を介して二段目減速機であるハーモニック減速機24が取り付けられている。平歯車18、シャフト22には、慣性モーメントの不足分を補うためのフライホイール26、28が取り付けられている。

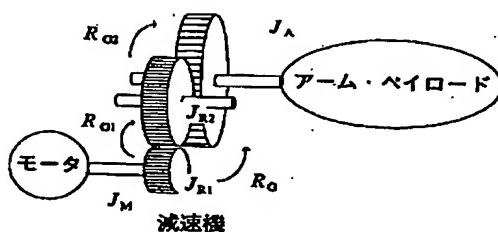
#### 【0020】

【発明の効果】本発明は上記のように構成されているので、つぎのような効果を奏する。

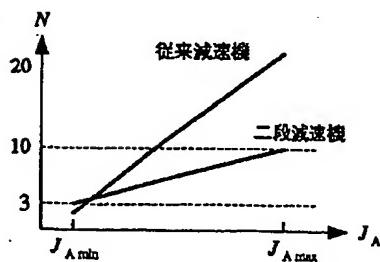
(1) 多関節ロボットの減速機構を、本発明のように、二段、または、それ以上にし、そして、それぞれの減速機の設計値を本発明で示した拘束条件に従い決定すれば、アームの姿勢や負荷の重さがどのように変化しても、各関節の慣性比を常に望ましい範囲に抑えることができる。よって、制御系設計に負担の少ない、高性能なロボットを実現できる。

(2) 大型の付帯機構を必要とせず、ロボットの動作中も常に、制御系にとって好ましい負荷となるように慣

【図1】



【図3】



性比が抑制される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の多関節ロボットの減速装置における二段減速機構の一例を示す模式図である。

【図2】本発明の実施の第1形態における多関節ロボットの一例（スカラーロボット）を示す概略構成図である。

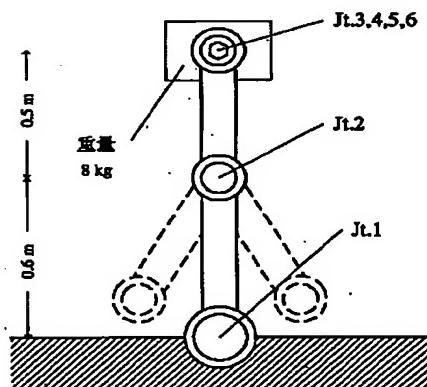
【図3】本発明の実施の第1形態における二段減速機における慣性比Nを従来の減速機との比較で示したグラフである。

【図4】本発明の実施の第1形態における二段減速装置をモータとアームの間に組み付けた構成の一例を示す断面構成説明図である。

#### 【符号の説明】

- 10 二段減速装置
- 12 モータ
- 14 アーム
- 16 一段目減速機
- 18、20 平歯車
- 22 シャフト
- 24 ハーモニック減速機（二段目減速機）
- 26、28 フライホイール

【図2】



【図4】

